

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Международное бюро



542123

(43) Дата международной публикации:
29 июля 2004 (29.07.2004)

PCT

(10) Номер международной публикации:
WO 2004/064137 A1

(51) Международная патентная классификация⁷:
H01L 21/324

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2004/000006

(22) Дата международной подачи:
14 января 2004 (14.01.2004)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(30) Данные о приоритете:
2003100747 14 января 2003 (14.01.2003) RU

(71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме (US): ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ОБИЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК [RU/RU]; 630090 Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 13 (RU) [INSTITUT FIZIKI POLUPROVODNIKOV OBIEDINENNNOGO INSTITUTA FIZIKI POLUPROVODNIKOV SI-BIRSKOGO OTDELENIA ROSSIJSKOJ AKADEMII NAUK, Novosibirsk (RU)].

(71) Заявитель и

(72) Изобретатель: ПОПОВ Владимир Павлович [RU/RU]; 630128 Новосибирск, ул. Демакова, д. 12/1, кв. 132 (RU) [POPOV, Vladimir Pavlovich, Novosibirsk (RU)].

(72) Изобретатель; и

(75) Изобретатель/Заявитель (только для (US)): ТЫСЧЕНКО Ида Евгеньевна [RU/RU]; 630055 Новосибирск, бульвар Молодёжи, д. 28а, кв. 3 (RU) [TYSCHENKO, Ida Evgenievna, Novosibirsk (RU)].

(74) Агент: ООО «СОЮЗПАТЕНТ»; 103735 Москва, ул. Ильинка, д. 5/2 (RU) [ООО «SOJUZ-PATENT», Moscow (RU)].

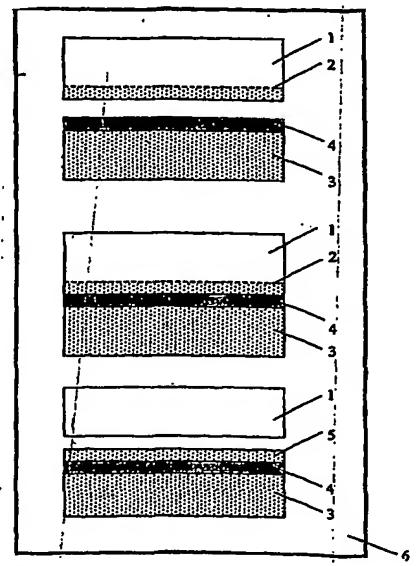
(81) Указанные государства (все возможные на дату международной подачи указания): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (все возможные на дату международной подачи указания): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский патент (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW).
[Продолжение на след. странице]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A SILICON-ON-INSULATOR STRUCTURE

(54) Название изобретения: СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ КРЕМНИЙ-НА-ИЗОЛЯТОРЕ

(57) Abstract: The inventive method for producing a silicon-on insulator structure consists in implanting hydrogen in a silicon plate (1), chemically treating said silicon plate (1) and a substrate (3), in connecting and grafting the silicon plate (1) and the substrate (3) and in layering along the implanted layer (2) of the plate (1). The drying, removal of physically adsorbed substances from the surface of the plate (1) and the substrate (3), connection of the plate (1) and the substrate (3), the grafting and layering thereof along the implanted layer (2) of the plate is carried out after the chemical treatment in one stage, in a low vacuum, at a temperature when hydrogen introduced by implantation remains in a bound state.



BEST AVAILABLE COPY

[Продолжение на след. странице]

WO 2004/064137 A1



TR), патент ОАПИ (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, Опубликована
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

С отчётом о международном поиске.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и других сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям», публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюллетеня РСТ.

(57) Реферат: Способ изготовления структуры кремний на изоляторе, заключающийся в том, что в пластину (1) кремния осуществляют имплантацию водорода, проводят химическую обработку пластины (1) кремния и подложки (3), пластину (1) кремния и подложку (3) соединяют, срацивают и расслаивают по имплантированному слою (2) пластины (1), причем после химической обработки проводят сушку, удаление физически адсорбированных веществ с поверхности пластины (1) и подложки (3), соединение пластины (1) и подложки (3), их срачивание и расслоение по имплантированному слою (2) пластины в одну стадию, в низком вакууме, при температуре, при которой водород, внедренный вследствие имплантации, остается в кремнии в связанном состоянии.

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ КРЕМНИЙ-НА-ИЗОЛЯТОРЕ

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к полупроводниковой технологии и более точно касается способа изготовления структуры кремний-на-изоляторе.

Уровень техники

Известен способ изготовления структуры кремний-на-изоляторе (патент США № 5 374 564), заключающийся в том, что в пластину кремния осуществляют имплантацию водорода, пластину кремния и подложку соединяют, расслаивают по имплантированному слою пластины. Имплантацию проводят ионной бомбардировкой пластины ионами, создающими в объеме пластины на глубине порядка средней глубины проникновения ионов слой газонаполненных микропор, который разделяет нижнюю область, содержащую подложку, и верхнюю область, содержащую тонкую пленку, при этом для имплантации используют ионы водорода или инертных газов, а температуру пластины поддерживают ниже температуры, при которой газ, образованный посредством имплантированных ионов, выходит из объема полупроводника вследствие диффузии. Расслоение термической обработкой соединенных пластины и подложки проводят при высокой температуре, выше температуры, при которой осуществляют ионную бомбардировку, величина которой достаточна для восстановления структуры материала пластины и для создания давления в микропорах, слой которых разделяет тонкую пленку и подложку, при этом пластину и подложку держат все время в контакте. Имплантацию проводят через один или более слоев, выращенных на пластине из разных материалов, при этом толщина слоев такова, что ионы способны «пробить» ее. При имплантации температуру пластины поддерживают в интервале от 20 до 450°C, а расслоение проводят при температуре выше 500°C. Имплантацию проводят через слой оксида кремния, выращенный термически на пластине, который в изготовленной КНИ структуре является захороненным диэлектриком, а в качестве подложки используют кремниевую пластину.

Описанный способ обладает целым рядом недостатков, приводящих к снижению качества изготавляемых структур кремний-на-изоляторе.

Во-первых, низкое качество захороненного диэлектрика в КНИ структурах, создаваемых описанным способом. А именно, в описанном способе имплантацию

ионов H^+ проводят через слой диоксида кремния, который в последующем используется как скрытый диэлектрик. Генерация дефектов в процессе имплантации, а также остаточный водород приводят к снижению изолирующих свойств слоя SiO_2 . В свою очередь, дальнейшее применение SiO_2 в качестве изолирующего диэлектрика предъявляет высокие требования к его пробивным полям, токам утечки, значения которых лимитируются в данном случае количеством генерированных в процессе имплантации дефектов и остаточного водорода, для устранения которых требуются дополнительные высокотемпературные отжиги при $1100^\circ C$ в течение 2 часов.

Во-вторых, использование в указанном способе термического оксида, выращенного именно на пластине, в качестве скрытого диэлектрика приводит к тому, что границей раздела между отсеченным слоем кремния и захороненным диэлектриком является переходный слой Si/термический оксид. Величина этого переходного слоя может достигать нескольких нанометров, что ограничивает применение таких КНИ структур при создании приборов с пониженной размерностью (одноэлектронных и квантово-размерных приборов), в которых к совершенству границ раздела предъявляются высокие требования.

В-третьих, необходимость использования ионов H^+ большой энергии, обусловленная обеспечением пробегов, достаточных для того, чтобы пробить верхний слой диоксида кремния и отсечь слой кремния, примыкающий к диэлектрику, приводит к увеличению разбросов ионов по пробегам и, как следствие, к увеличению дозы ионов для достижения требуемой концентрации водорода, то есть - к увеличению радиационной нагрузки на формируемые КНИ структуры, а также к увеличению шероховатости поверхности.

В-четвертых, неоднородность переноса отсекаемого слоя кремния по площади пластины, обусловленная началом расслоения имплантированной пластины сразу во многих местах при температурах отжига $500^\circ C$ и выше.

В-пятых, накопление водорода в пустотах на границе сращивания, обусловленных первоначальным скоплением физически адсорбированных веществ между поверхностями соединяемых пластины и подложки, а затем выходом его наружу при последующих высокотемпературных термообработках водородосодержащих структур.

Наиболее близким по совокупности признаков и назначению является способ изготовления структуры кремний-на-изоляторе (патент РФ №2164719), заключающийся в том, что в пластину кремния осуществляют имплантацию

водорода, проводят химическую обработку пластины кремния и подложки, пластину кремния и подложку соединяют, срацивают и расслаивают по имплантированному слою пластины. Затем удаляют приповерхностный нарушенный слой с полученной на подложке структуры кремний-на-изоляторе. После расслоения по имплантированному слою пластины проводят отжиг при 1100° С в течение 0,5 часа. Имплантацию водорода в первую пластину проводят через предварительно выращенный тонкий (20÷50 нм) слой SiO₂, который после имплантации убирают. При имплантации используют ионы водорода H₂⁺ дозой (2,5÷5) x 10¹⁶ см⁻². В качестве подложки используют пластину кремния, на которой перед химической обработкой выращивают термический оксид кремния толщиной 0,2÷0,5 мкм. Приповерхностный нарушенный слой со структуры кремний-на-изоляторе, полученной на подложке в результате расслоения по имплантированному слою пластины, удаляют полировкой или окислением с последующим травлением. Срачивание пластины и подложки проводят при 150÷250° С в течение 1÷2 часов. Расслоение по имплантированному слою пластины проводят при 350÷450° С в течение 0,5÷2 часов.

Известное техническое решение обладает также недостатками, приводящими к снижению качества структур кремний-на-изоляторе, которые заключаются в следующем.

Во-первых, в накоплении пустот на границе срачивания, которое обусловлено первоначальным скоплением водорода на пустотах, образованных остаточными примесями, физически адсорбированными на поверхностях срашиваемых пластины и подложки, и последующим выходом его наружу при высокотемпературных термообработках.

Во-вторых, в применении термических обработок соединенных пластины и подложки при температурах выше 350° С, сопровождающихся выходом водорода из связанного состояния и формированием водородосодержащих пузырей, распределенных в имплантированном слое кремниевой пластины, что при расслоении имплантированной пластины приводит к неоднородному переносу отсекаемого слоя кремния по площади пластины и формированию шероховатой поверхности, получаемой структуры кремний-на-изоляторе.

Сущность изобретения

Техническим результатом изобретения является улучшение качества КНИ структуры за счет устранения недостатков, присущих способам известного уровня техники.

Технический результат достигается тем, в способе изготовления структуры кремний на изоляторе, заключающимся в том, что в пластину кремния осуществляют имплантацию водорода, проводят химическую обработку пластины кремния и подложки, пластину кремния и подложку соединяют, срацивают и расслаивают по имплантированному слою пластины, при этом после химической обработки проводят сушку, удаление физически адсорбированных веществ с поверхности пластины и подложки, соединение пластины и подложки, их срацивание и расслоение по имплантированному слою пластины в одну стадию, в низком вакууме, при температуре, при которой водород, внедренный вследствие имплантации, остается в кремнии в связанном состоянии.

Предпочтительно, в способе имплантацию водорода в пластину кремния проводят через предварительно выращенный тонкий (5÷50 нм) слой SiO₂, который после имплантации убирают.

Предпочтительно, в способе при имплантации используют ионы водорода H₂⁺ или H⁺ дозой (1,5÷15) x 10¹⁶ см⁻² и энергией 20÷200 кэВ.

Предпочтительно, в способе после расслоения по имплантированному слою пластины кремния проводят отжиг при температуре 100°C в течение 0,5÷1 часа.

Предпочтительно, в способе приповерхностный нарушенный слой со структурой кремний-на-изоляторе, полученной на подложке в результате расслоения по имплантированному слою пластины кремния, удаляют полировкой или окислением с последующим травлением.

Предпочтительно, в способе в качестве подложки используют пластину кремния, на которой перед химической обработкой выращивают термический оксид кремния толщиной 0,01÷3 мкм.

В соответствии с другим предпочтительным вариантом выполнения способа в качестве подложки используют стеклянную пластину толщиной порядка 500 мкм.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом выполнения способа в качестве подложки используют кварцевую пластину толщиной порядка 500 мкм.

В соответствии с наиболее предпочтительным вариантом выполнения способа сушку, удаление физически адсорбированных веществ с поверхности пластины и

подложки, соединение пластины и подложки, их срашивание и расслоение по имплантированному слою пластины проводят в низком вакууме ($10^1 \div 10^4$ Па), при температуре от 80 до 350° С, с длительностью от 0,1 до 100 часов.

Краткое описание чертежей

Сущность изобретения поясняется нижеследующим описанием и прилагаемыми фигурами чертежей.

На фиг. 1 схематично представлена стадия имплантации ионов водорода в пластину согласно заявленному способу изготовления КНИ-структуры.

На фиг. 2 схематично представлена стадия сушки, удаления физически адсорбированных веществ с поверхности пластины и подложки, соединения пластины и подложки, расслоения по имплантированному слою пластины с получением тонкой пленки кремния в вакуумной камере.

На фиг. 3 представлены фотографии поверхности структур КНИ, изготовленные при атмосферном давлении.

На фиг. 4 представлены фотографии поверхности структур КНИ, изготовленные в условиях низкого вакуума.

На фиг. 5 представлены полученные методом атомно-силовой микроскопии изображения шероховатостей поверхности структур КНИ, изготовленных имплантацией ионов водорода с энергией 100 кэВ (средняя величина шероховатости поверхности около 11,3 нм).

На фиг. 6 представлены полученные методом атомно-силовой микроскопии изображения шероховатостей поверхности структур КНИ, изготовленных имплантацией ионов водорода с низкой энергией ~20 кэВ (средняя величина шероховатости поверхности около 6,7 нм).

На фиг. 7 представлена фотография поверхности КНИ структуры, изготовленной предлагаемым способом, с отсутствием микрокуполов и микрополостей размером более 0,25 мкм.

Описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

Физической основой предлагаемого способа создания структур КНИ путем низкотемпературного срашивания пластины кремния и подложки с одновременным переносом тонкой пленки кремния (составляющим элементом структур КНИ) является различие поверхностных энергий пары гидрофильных поверхностей Si/SiO₂ и пары

гидрофобных поверхностей Si/Si в разных температурных интервалах. В частности, при температурах 20÷500° С величина поверхностной энергии пары гидрофильных Si/SiO₂ поверхностей превышает величину поверхностной энергии пары Si/Si гидрофобных поверхностей. В случае чистых поверхностей это превышение может достигать одного порядка величины при температурах 150÷300° С. Отметим, что этот температурный интервал ниже температур, используемых непосредственно при сращивании и переносе тонкой пленки с окисным слоем кремния в известном способе изготовления структуры кремний-на-изоляторе (патент США № 5 374 564), величина которых составляет более 500°С и выбирается исходя из достижения условий освобождения водорода из связанного состояния с переходом его в микропоры и увеличения давления в них, приводящего в результате к расслоению облученной пластины по имплантированному слою. С точки зрения предлагаемого способа, создание КНИ структур может быть рассмотрено как процесс соединения гидрофильных поверхностей (сращивание пластины кремния и подложки) и разрыва гидрофобных поверхностей (водородный перенос тонкой пленки) в указанном температурном интервале. Для реализации предлагаемого способа необходимо решение двух основных задач: 1) обеспечить внешние (сращиваемые) высокосовершенные гидрофильные поверхности; 2) создать внутренние гидрофобные поверхности в соседних атомных плоскостях внутри пластины кремния.

Параметрами, определяющими величину поверхностной энергии в каждом случае, являются температура и высокое структурное качество поверхностей. Поэтому одним из главных требований, необходимых для обеспечения 100% гидрофильного соединения пластины и подложки, является предельно возможная чистота поверхностей сращиваемых пластины и подложки, отсутствие физически адсорбированных примесей на исходных поверхностях. Для достижения требуемой чистоты применяли стандартную в кремниевой технологии RCA-очистку (Semiconductor Wafer Bonding. Science and Technology, Q.-Y. long, U. Goesele, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 10158-0012, 1999, p. 52), то есть обработку в перекисно-аммиачном растворе, снятие естественного окисла в разбавленной плавиковой кислоте и обработку в перекисно-кислотном растворе. После каждой операции выполняли промывку в ультрачистой деионизованной воде. Сращивание пластины и подложки проводили между гидрофильными поверхностями, полученными обработкой в перекисно-аммиачных растворах разного соотношения

(RCA-1, RCA-2), которые обеспечивали контактный угол смачивания и для кремния, и для SiO_2 , а также для стекла и кварца от 0 до 10° (Semiconductor Wafer Bonding. Science and Technology, Q.- Y. Tong, U. Goesele, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 10158-0012, 1999, p. 62). После гидрофилизации, с целью сушки и удаления избыточных физически адсорбированных веществ с поверхности, пластину и подложку помещали в центрифугу в низковакуумную камеру, нагревали в низком вакууме до температур $80 - 5 - 350^\circ\text{C}$, и затем соединяли в пары.

Внутренние гидрофобные поверхности в соседних атомных плоскостях, параллельных поверхности пластины кремния, могут быть сформированы в имплантированном ионами водорода слое Si. Формирование таких поверхностей происходит путем образования в имплантированном слое Si-H-H-Si связей за счет захвата водорода на растянутые и ослабленные Si-Si связи, перпендикулярные поверхности. Для того чтобы обеспечить на глубине среднего проективного пробега ионов R_p формирование двух гидрофобных (100) плоскостей со 100% покрытием Si-H-H-Si связями необходимо использовать дозу ионов H^+ (с энергиями $20 \div 200$ кэВ) $3 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и выше. Однако уже при дозах имплантации $\sim 1,5 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$ (для ионов с энергией 20 кэВ) начинают образовываться микротрещины внутри имплантированного слоя кремния. Их присутствие также сопровождается ослаблением Si-Si связей в имплантированном кремнии, причем этот процесс характеризуется энергиями связи близкими к поверхностным энергиям гидрофобных Si-H-H-Si плоскостей. Поэтому реально для создания гидрофобных внутренних плоскостей не требуется 100% покрытия внутренних (100) плоскостей Si-H-H-Si связями. Исходя из этих представлений, используемые нами дозы ионов водорода составляли от $1,5 \times 10^{16}$ до $1,5 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ для ионов с энергией $20 \div 200$ кэВ, соответственно.

Базируясь на изложенных физических представлениях, достижение технического результата было осуществлено реализацией следующих стадий способа изготовления структуры кремний-на-изоляторе, основными из которых являются две, представленные на Фиг. 1 и 2, при следующих условиях их реализации.

1. На этапе первой из основных стадий (Фиг. 1) проводят имплантацию ионов водорода с энергией $20 \div 200$ кэВ в пластину 1 кремния через тонкий слой SiO_2 $5 \div 50$ нм, который служит для защиты пластины от загрязнений в процессе имплантации и в дальнейшем его убирают. Позицией 2 на Фиг. 1 отмечен слой имплантированного водорода. Доза водорода, необходимая для отслоения (скалывания) тонкой плёнки кремния при последующих термообработках, составляет

$1,5 \times 10^{16} \div 1,5 \times 10^{17}$ см⁻² для ионов с энергией 20÷200 кэВ, соответственно.

2. В качестве подложки 3 используют термически окисленную пластину кремния. Слой 4 оксида кремния, который после срацивания пластины 1 и подложки 3 будет играть роль разделяющего окисла, выращивают термически на пластине кремния, образующей подложку 3, и, соответственно, не подвергают воздействию радиации, сохраняя его высокое качество в КНИ-структуре. Либо для изготовления КНИ структуры используют в качестве подложки 3 стеклянную пластину, либо пластину синтетического кварца.

3. Проводят химическую обработку пластины 1 кремния и подложки 3, включающую очистку пластины 1 и подложки 3, отмыкание их струей воды или ультразвуковым воздействием дейонизованной воды, гидрофилизацию пластины 1 и подложки 3 с последующей отмыканием их струей воды или ультразвуковым воздействием дейонизованной воды. Очистку и гидрофилизацию поверхностей имплантированной пластины 1 и неимплантированной подложки 3 проводят обработкой в перекисно-аммиачных и перекисио-кислотных растворах разного соотношения МН₄ОН:H₂O:H₂O = 1:1:5÷1:2:7 и НСl:H₂O₂:H₂O = 1:1:6÷1:2:8 (RCA-1 и RCA-2, соответственно).

4. На этапе второй из основных стадий (Фиг. 2) проводят удаление избыточной воды, сушку поверхности пластины 1 и подложки 3, удаление физически адсорбированных веществ с поверхности пластины 1 и подложки 3 перед соединением, соединение, срацивание и расслоение по имплантированному слою 2 пластины 1 при температурах 80÷350° с длительностью от 0,1 до 100 часов, соответственно, в одной камере 6 с низким вакуумом ($10^1 \div 10^4$ Па).

5. Завершающий отжиг КНИ структуры при $1100 \pm 50^\circ$ С, необходимый в некоторых случаях для увеличения силы срацивания между пластиной 1 кремния и подложкой 3 до величин, равных энергии разрыва объемного кремния, а также для удаления из отсечённого слоя кремния остаточных радиационных дефектов и водорода, проводят в течение 0,5÷1 часа.

6. Удаление верхнего нарушенного слоя 5 отсеченной пленки кремния производят либо полировкой, либо окислением с последующим стравливанием.

Таким образом, основное отличие предлагаемого способа изготовления структуры КНИ путем водородно-индукционного переноса заключается в том, что сушку, удаление физически адсорбированных веществ с поверхности пластины и подложки, соединение пластины и подложки и расслоение по имплантированному

слою пластины проводят при температуре, при которой водород, внедренный вследствие имплантации, остается в кремнии в связанном состоянии, в низком вакууме, а именно: $10^1 \div 10^4$ Па при температуре от 80 до 350° С длительностью от 100 до 0,1 часов, соответственно, в одну стадию (Фиг. 2). Структуры КНИ, изготовленные в условиях низкого вакуума обладают более высоким качеством, выражющимся в отсутствии микрокуполов и микрополостей, что демонстрирует Фиг. 4 по сравнению со структурой КНИ, изготовленной при атмосферном давлении, как показано на Фиг.3. Увеличение энергии связи пластины и подложки в вакууме позволяет уменьшить энергию имплантации и толщину переносимого слоя, что также обеспечивает уменьшение шероховатости поверхности пластины со структурой КНИ (Фиг. 6) и также совокупности радиационно-термических воздействий на структуру, используемую в процессе изготовления КНИ по сравнению с поверхностью структур КНИ, изготовленных имплантацией ионов водорода с более высокой энергией (Фиг.5).

Для более четкого понимания сущности заявленного способа ниже приводятся примеры его конкретной реализации.

Пример 1

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H_2^+ с энергией 140 кэВ и дозой $2,5 \times 10^{16}$ см⁻² через тонкий защитный SiO_2 толщиной 50 нм, который после имплантации удаляют.
2. В качестве подложки используют пластину кремния, на которой выращивают термический окисел до толщины SiO_2 280 нм.
3. Проводят химическую обработку пластины кремния и подложки, включающую очистку пластины и подложки в растворе RCA, гидрофилизацию их поверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмытку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием деионизованной воды после очистки и гидрофилизации.
4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют окисленную пластину кремния, помещают в вакуумную камеру с давлением 10^2 Па, нагревают до температуры 300°С, сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение 0,1 часа, затем нагретые до 300° С пластину и подложку соединяют,

срашивают и расслаивают по имплантированному слою пластины в тех же условиях в течение 40 часов, в результате чего происходит их самопроизвольное разъединение в вакуумной камере с формированием структуры 0,6 мкм Si / 0,28 мкм SiO₂/Si. На фигуре 7 представлена фотография поверхности сформированной КНИ-структуры, которая демонстрирует полное отсутствие микрокуполов и микрополостей размером по крайней мере больше 0,25 мкм.

5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния химико-механической полировкой пластины со структурой КНИ.

Пример 2

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H₂⁺ с энергией 40 кэВ и дозой 1.5x10¹⁶ см⁻² через тонкий защитный SiCh толщиной 5 нм, который после имплантации удаляют.

2. В качестве подложки используют пластину кремния, на которой выращивают термический окисел до толщины SiO₂ 280 нм.

3. Проводят химическую обработку пластины кремния и подложки, включающую очистку пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизацию их поверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмытку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием деионизованной воды после очистки и гидрофилизации.

4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют окисленную пластину кремния, помещают в вакуумную камеру с давлением 10¹ Па, нагревают до температуры 200°C, сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение 0,1 часа, затем нагретые до 200° С пластину и подложку соединяют, срашивают в тех же условиях в течение 0,15 часа, затем температуру увеличивают до 300° С и расслаивают по имплантированному слою пластины в той же вакуумной камере при 300° С в течение 40 часов, в результате чего происходит их самопроизвольное разъединение в вакуумной камере с образованием структуры 0,2 мкм Si/ 0,28 мкм SiO₂/Si, на поверхности которой также полностью отсутствуют микрокупола и микрополости размером больше 0,25 мкм.

5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния окислением структуры и последующим химическим травлением оксида в водном растворе плавиковой кислоты.

Пример 3

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H_2^+ с энергией 140 кэВ и дозой $5 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$ через тонкий защитный SiO_2 толщиной 50 нм, который после имплантации удаляют.
2. В качестве подложки используют пластину кремния, на которой выращивают термический окисел до толщины SiO_2 280 нм.
3. Проводят химическую обработку пластины кремния и подложки, включающую очистку пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизацию их поверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмывку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием деионизованной воды после очистки и гидрофилизации.
4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют окисленную пластину кремния помещают в вакуумную камеру с давлением 10^2 Па, нагревают до температуры 150° С, сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение 0,2 часа, затем температуру увеличивают до 300° С, нагретые в вакууме до 300° С пластину и подложку соединяют, срацивают, выдерживая в тех же условиях в течение 10 часов, после чего соединенные пластины и подложку удаляют из вакуумной камеры и механически расслаивают на воздухе при комнатной температуре.
5. Проводят отжиг полученной КНИ структуры при 1100° С в течение 0,5 часа. Полученная в результате КНИ структура демонстрировала полный перенос пленки с пластины на подложку.

6. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния окислением структуры и последующим травлением оксида в водном растворе плавиковой кислоты.

Пример 4

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H^+ с энергией 20 кэВ и дозой $4 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$ через тонкий защитный SiO_2 толщиной 5 нм, который после имплантации удаляют.
2. В качестве подложки используют пластину кремния, на которой выращивают термический окисел до толщины SiO_2 10 нм.
3. Проводят химическую обработку пластины и подложки, заключающуюся в

очистке пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизации их оверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмывке пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием дейонизованной воды после очистки и гидрофилизации.

4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют окисленную пластину кремния, помещают в вакуумную камеру с давлением 10^2 Па, нагревают до температуры 300°С сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластин и подложки в течение 0,1 часа, затем нагретые до 300° С пластину и подложку соединяют, срацивают и расслаивают по имплантированному слою пластины в тех же условиях в течение 40 часов, в результате чего происходит их самопроизвольное разъединение в вакуумной камере с образованием структуры 0,2 мкм Si / 0,01 мкм SiO₂/Si, на поверхности которой также полностью отсутствуют микрокупола и микропоры размером больше 0,25 мкм.

5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния химико-механической полировкой пластины со структурой КНИ.

Пример 5

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H⁺ с энергией 200 кэВ и дозой $1,5 \times 10^{17}$ см⁻² через тонкий защитный SiO₂ толщиной 50 нм, который после имплантации удаляют.

2. В качестве подложки используют пластину кремния, на которой выращивают термический окисел до толщины SiO₂ 410 нм.

3. Проводят химическую обработку пластины и подложки, включающую очистку пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизацию их оверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмывку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием дейонизованной воды после очистки и гидрофилизации.

4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют окисленную пластину кремния, помещают в вакуумную камеру с давлением 10^4 Па, нагревают до температуры 350°С сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение 0,1 часа, затем нагретые до 350° С пластину и подложку соединяют,

срашивают и расслаивают по имплантированному слою пластины в тех же условиях в течение 0,5 часа, в результате чего происходит их самопроизвольное разъединение в вакуумной камере с образованием структуры 1,8 мкм Si / 0,41 мкм SiO₂/Si, на поверхности которой также полностью отсутствуют микрокупола и микропоры размером больше 0,25 мкм.

5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния окислением структуры и последующим травлением оксида в водном растворе плавиковой кислоты.

Пример 6

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H₂⁺ с энергией 140 кэВ и дозой 6x10¹⁶ см⁻² через тонкий защитный SiO₂ толщиной 50 нм, который после имплантации удаляют.

2. В качестве подложки используют пластину кремния, на которой выращивают термический окисел до толщины SiO₂ 280 нм.

3. Проводят химическую обработку пластины и подложки, включающую очистку пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизацию их поверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмытку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием деионизованной воды после очистки и гидрофилизации.

4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют окисленную пластину кремния, помещают в вакуумную камеру с давлением 10¹ Па, нагревают до температуры 80°C сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение 1 часа, затем нагретые до 300° С пластину и подложку соединяют, срашивают и расслаивают по имплантированному слою пластины в тех же условиях в течение 25 часов, в результате чего происходит их самопроизвольное разъединение в вакуумной камере с образованием структуры 0,6 мкм Si / 0,28 мкм SiO₂/Si, на поверхности которой также полностью отсутствуют микрокупола и микропоры размером больше 0,25 мкм.

5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния химико-механической полировкой пластины со структурой КНИ.

Пример 7

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H_2^+ с энергией 20 кэВ и дозой $4 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$ через тонкий защитный SiO_2 толщиной 5 нм, который после имплантации удаляют.
2. В качестве подложки используют пластину кремния, на которой выращивают термический окисел до толщины SiO_2 3 мкм.
3. Проводят химическую обработку пластины и подложки, включающую очистку пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизацию их поверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмытку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием деионизованной воды после очистки и гидрофилизации.
4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют окисленную пластину кремния, помещают в вакуумную камеру с давлением 10^2 Па, нагревают до температуры $350^\circ C$, сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение 0,1 часа, затем нагретые до $350^\circ C$ пластину и подложку соединяют, срашивают и расслаивают по имплантированному слою пластины в тех же условиях в течение 10 часов, в результате чего происходит их самопроизвольное разъединение в вакуумной камере с образованием структуры 0,2 мкм Si / 3 мкм SiO_2 / Si, на поверхности которой также полностью отсутствуют микрокупола и микропоры размером больше 0,25 мкм.
5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния химико-механической полировкой пластины со структурой КНИ.

Пример 8

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H_2^+ с энергией 140 кэВ и дозой $3,5 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$ через тонкий защитный SiO_2 толщиной 50 нм, который после имплантации удаляют.
2. В качестве подложки используют стеклянную пластину (марки ЛК-5), которую подвергают химико-механической полировке до толщины 500 мкм.
3. Проводят химическую обработку пластины и подложки, включающую

очистку пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизацию их поверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмывку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием деионизованной воды после очистки и гидрофилизации.

4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют стеклянную пластину, помещают в вакуумную камеру с давлением 10^2 Па, нагревают до температуры 300°C , сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение в течение 0,1 часа, затем нагретые до 300°C пластину и подложку соединяют, срацивают и расслаивают по имплантированному слою пластины в тех же условиях в течение 30 часов, в результате чего происходит их самопроизвольное разъединение в вакуумной камере с формированием структуры 0,6 мкм Si / 500 мкм стекло.

5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния химико-механической полировкой пластины со структурой КНИ.

Пример 9

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H_2^+ с энергией 140 кэВ и дозой $3,5 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$ через тонкий защитный SiO_2 толщиной 50 нм, который после имплантации удаляют.

2. В качестве подложки используют стеклянную пластину (марки ЛК-5), которую подвергают химико-механической полировке до толщины 500 мкм.

3. Проводят химическую обработку пластины и подложки, включающую очистку пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизацию их поверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмывку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием деионизованной воды после очистки и гидрофилизации.

4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют стеклянную пластину, помещают в вакуумную камеру с давлением 10^3 Па, нагревают до температуры 350°C , сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение 0,1 часа, затем нагретые до 350°C пластину и подложку соединяют с приложением электрического поля (отрицательный электрод на стеклянной пластине), срацивают и

расслаивают по имплантированному слою пластины в тех же условиях в течение 10 часов, в результате чего происходит их самопроизвольное разъединение в вакуумной камере с формированием структуры 0,6 мкм Si / 500 мкм стекло.

5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния химико-механической полировкой пластины со структурой КНИ.

Пример 10

1. В пластину кремния проводят имплантацию ионов H_2^+ с энергией 40 кэВ и дозой 2.5×10^{16} см⁻² через тонкий защитный SiO_2 толщиной 5 нм, который после имплантации удаляют.

2. В качестве подложки используют кварцевую пластину (синтетический кварц), которую подвергают химико-механической полировке до толщины 500 мкм.

3. Проводят химическую обработку пластины и подложки, включающую очистку пластины кремния и подложки в растворе RCA и гидрофилизацию их поверхностей в перекисно-аммиачном растворе, отмывку пластины и подложки струей или ультразвуковым воздействием деионизованной воды после очистки и гидрофилизации.

4. Пластину кремния, подвергшуюся имплантации, и подложку, в качестве которой используют кварцевую пластину, помещают в вакуумную камеру с давлением 10^2 Па, нагревают до температуры 300°C, сушат и удаляют физически адсорбированные вещества с поверхности пластины и подложки в течение 0,1 часа, затем нагретые до 300° С пластину и подложку соединяют, срацивают и расслаивают по имплантированному слою пластины в тех же условиях в течение 30 часов, в результате последующего охлаждения в вакуумной камере происходит их самопроизвольное разъединение и формирование структуры 0,2 мкм Si / 500 мкм кварц.

5. Удаляют верхний нарушенный слой отсеченной пленки кремния окислением структуры и последующим травлением оксида в водном растворе плавиковой кислоты.

Таким образом, как видно из примеров, предлагаемый способ изготовления структуры кремний-на-изоляторе с использованием сушки, удаления физически адсорбированных веществ с поверхности пластины и подложки, соединения и

расслоения (водородно-индуцированного расслоения одной из пластин, облученной водородом) в условиях низкого вакуума при относительно умеренных температурах, по сравнению с известным техническим решением, позволяет:

1. Уменьшить необходимую энергию ионов водорода и, соответственно, уменьшить толщину перенесенного (отсеченного) слоя кремния.
2. Уменьшить необходимую дозу ионов водорода и, соответственно, уменьшить время облучения.
3. Уменьшить шероховатость поверхности структуры КНИ и совокупность радиационно-термических воздействий на структуру, используемых в процессе изготовления структуры КНИ.
4. Уменьшить концентрацию дефектов на границе раздела Si/SiO₂.
5. Получить практически полное отсутствие пузырей на поверхности КНИ – структур и отверстий в пленке кремния.
6. Улучшить качество и выход годных структур.
7. Снизить стоимость КНИ-структур, изготовленных предлагаемым способом, в основе которого лежит водородно-индуцированного перенос, благодаря отсутствию операции расслоения (скалывания) при 400–600° С.

Данные преимущества являются следствием десорбции с поверхности исходных пластин воды и других физически адсорбированных веществ при умеренном нагреве в низком вакууме, а также следствием уменьшения на несколько порядков величины количества газа, захваченного в микрополостях между соединяемыми пластинами, которые при дальнейших термообработках могут образовывать микропузыри на границе сращивания Si/SiO₂ и микрократеры (отверстия) в отсеченном слое кремния.

Промышленная применимость

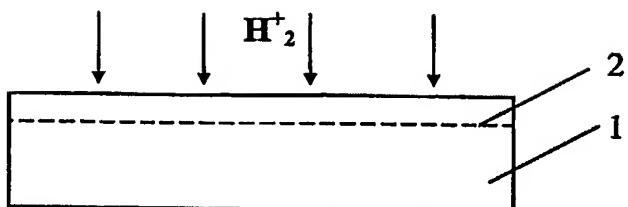
Заявленное изобретение может быть использовано в области создания современных материалов для микроэлектроники, в частности, структур кремний-на-изоляторе (КНИ) для производства современных СБИС и других изделий микроэлектроники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

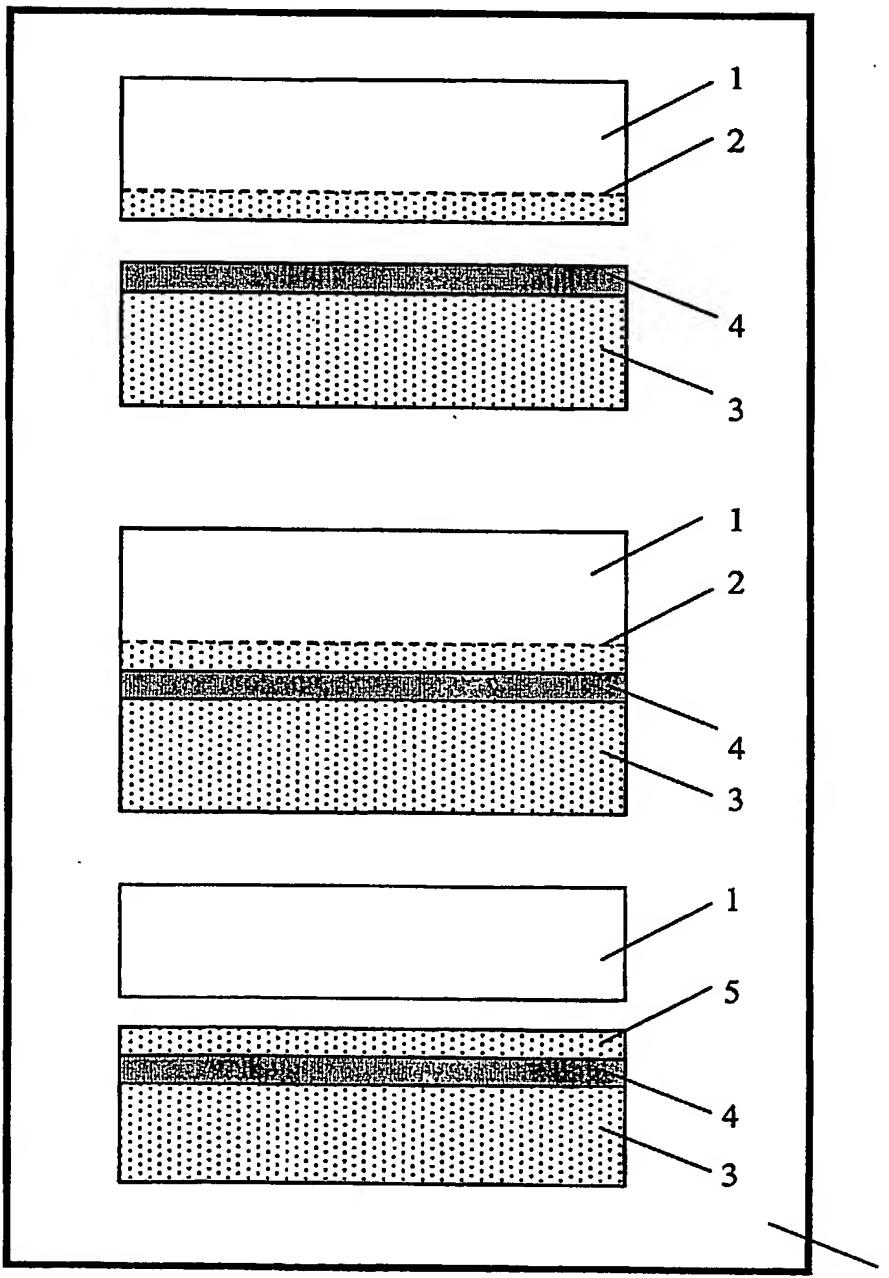
1. Способ изготовления структуры кремний на изоляторе, заключающийся в том, что в пластину (1) кремния осуществляют имплантацию водорода, проводят химическую обработку пластины (1) кремния и подложки (3), пластину (1) кремния и подложку (3) соединяют, срашивают и расслаивают по имплантированному слою (2) пластины, отличающийся тем, что после химической обработки проводят сушку, удаление физически адсорбированных веществ с поверхности пластины (1) и подложки (3), соединение пластины (1) и подложки (3), их срашивание и расслоение по имплантированному слою (2) пластины в одну стадию, в низком вакууме, при температуре, при которой водород, внедренный вследствие имплантации, остается в кремнии в связанном состоянии.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что имплантацию водорода в пластину (1) кремния проводят через предварительно выращенный тонкий (5÷50 нм) слой SiO_2 , который после имплантации убирают.
3. Способ по п.1 или п. 2, отличающийся тем, что проводят имплантацию ионами водорода H_2^+ или H^+ дозой $(1,5\div15) \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$ и энергией 20÷200 кэВ.
4. Способ по п. 1 отличающийся тем, что после расслоения по имплантированному слою пластины (1) кремния проводят отжиг при температуре 1100°C в течение 0,5÷1 часа.
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что приповерхностный нарушенный слой со структурой кремний-на-изоляторе, полученной на подложке в результате расслоения по имплантированному слою пластины кремния, удаляют полировкой или окислением с последующим травлением.
6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве подложки (3) используют пластину кремния, на которой перед химической обработкой выращивают термический оксид кремния толщиной 0,01÷3 мкм.
7. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве подложки (3) используют стеклянную пластину толщиной порядка 500 мкм.
8. Способ по п.1 , отличающейся тем, что в качестве подложки (3) используют кварцевую пластину толщиной порядка 500 мкм.
9. Способ по п.1, отличающейся тем, что сушку, удаление физически адсорбированных веществ с поверхности пластины и подложки, соединение

пластины и подложки, их сращивание и расслоение по имплантированному слою пластины проводят в низком вакууме ($10^1 \div 10^4$ Па), при температуре от 80 до 350° С, длительностью от 0,1 до 100 часов.

1/4

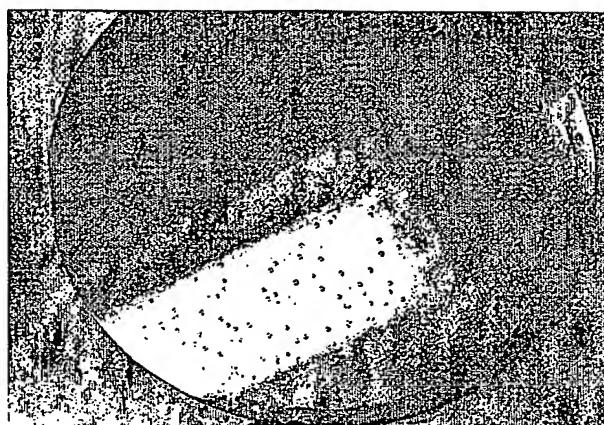


ФИГ. 1

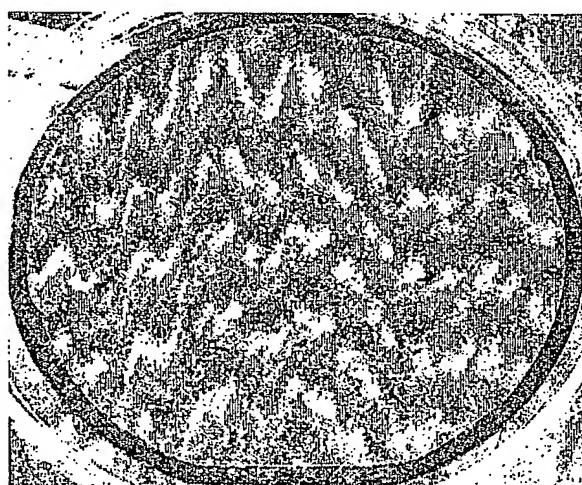


ФИГ. 2

2/4

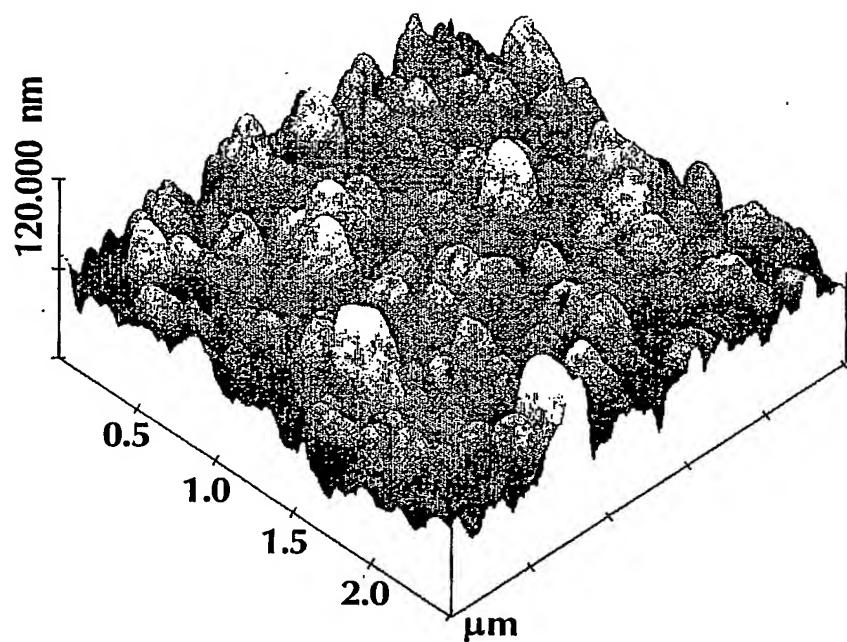


ФИГ. 3

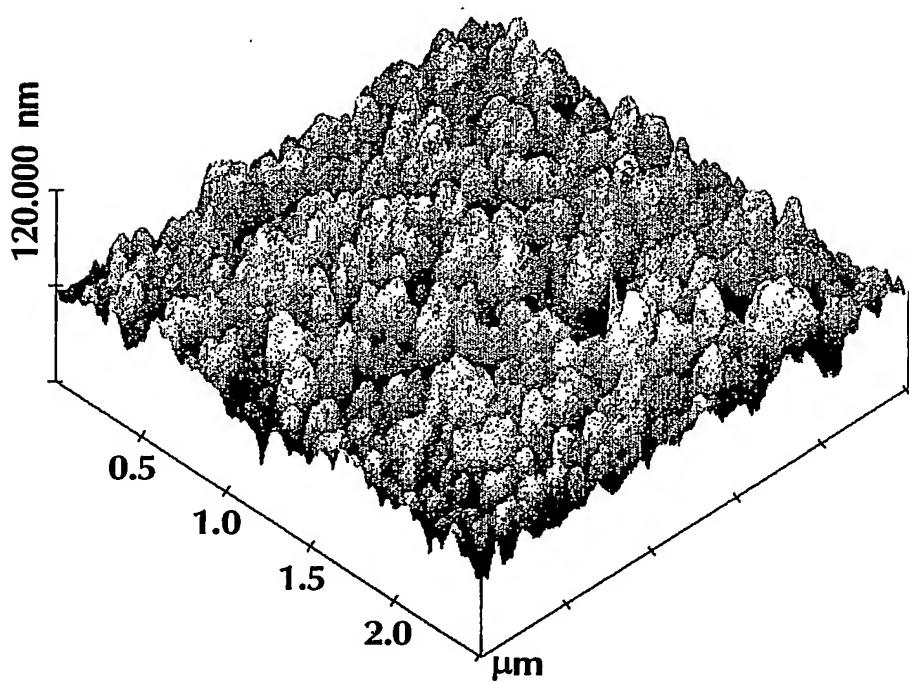


ФИГ. 4

3/4

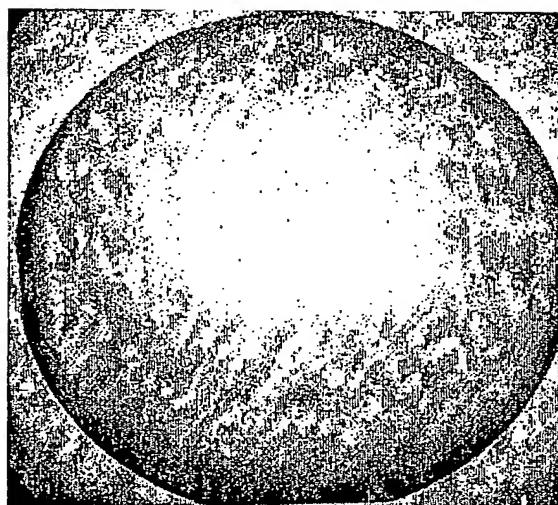


ФИГ. 5



ФИГ. 6

4/4



ФИГ. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2004/000006

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/324

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L 21/76, 21/324, 21/30, 21/265, 21/26, 21/18, 21/04, 21/02, 21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2164719 C1 (INSTITUT FIZIKI POLUPROVODNIKOV CO RAN et al) the Claims	1-9
A	DE 19753494 A1 (MITSUBISHI DENKI K.K.) 01.10.1998, the abstract	1-9
A	US 6323109 B1 (NEC CORPORATION) 27.11.2001, the abstract	1-9
A	US 6306730 B2 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) 23.10.2001, the abstract	1-9

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 April 2004 (02.04.2004)

Date of mailing of the international search report

08 April 2004 (08.04.2004)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 2004/000006

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

H01L 21/324

Согласно международной патентной классификации (МПК-7)

B. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-7:
H01L 21/76, 21/324, 21/30, 21/265, 21/26, 21/18, 21/04, 21/02, 21/00

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, поисковые термины):

C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2164719 C1 (ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ СО РАН и др.) 27.03.2001, формула	1-9
A	DE 19753494 A1 (MITSUBISHI DENKI K.K.) 01.10.1998, реферат	1-9
A	US 6323109 B1 (NEC CORPORATION) 27.11.2001, реферат	1-9
A	US 6306730 B2 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) 23.10.2001, реферат	1-9

Неследующие документы указаны в продолжении графы С.

_____ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылочных документов:

- А документ, определяющий общий уровень техники
- Б более ранний документ или патент, но опубликованный на дату международной подачи или после нее
- О документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
- Р документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета и т.д.

Т более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
Х документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень
У документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории
& документ, являющийся патентом-аналогом

Дата действительного завершения международного поиска: 02 апреля 2004 (02. 04. 2004)	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 08 апреля 2004 (08. 04. 2004)
Наименование и адрес Международного поискового органа Федеральный институт промышленной собственности РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30, 1 Факс: 243-3337, телеграф: 114818 ПОДАЧА	Уполномоченное лицо: И. Багинская Телефон № 240-25-91

Форма PCT/ISA/210 (второй лист)(январь 2004)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.